

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-265521

(P2001-265521A)

(43)公開日 平成13年9月28日(2001.9.28)

(51)Int.Cl.⁷

G 06 F 3/03
G 01 S 5/14
G 06 F 3/00

識別記号

3 8 0
5 1 4
6 8 0

F I

G 06 F 3/03
G 01 S 5/14
G 06 F 3/00

テマコード(参考)

3 8 0 K 5 B 0 6 8
5 J 0 6 2
6 8 0 C

(21)出願番号

特願2000-77439(P2000-77439)

(22)出願日

平成12年3月21日(2000.3.21)

審査請求 未請求 請求項の数1 OL (全6頁)

(71)出願人 000001122

株式会社日立国際電気

東京都中野区東中野三丁目14番20号

(72)発明者 伊東 啓樹

東京都中野区東中野三丁目14番20号 国際
電気株式会社内

(74)代理人 100093872

弁理士 高崎 芳鉄

F ターム(参考) 5B068 AA11 BE15 CC17 EE06

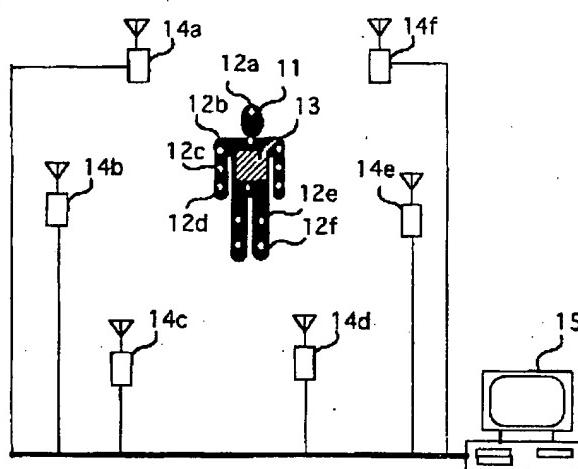
5J062 BB05 CC14

(54)【発明の名称】 モーションキャプチャシステム

(57)【要約】

【課題】 身体の動きを束縛することなく、測定環境の制限が少なく、確実に人間などの動きを把握できるようとする。

【解決手段】 身体の動作要点部12a～12fの各々に複数のアンテナエレメントを取り付け、身体に着けた無線送信装置13から各アンテナエレメントを識別可能な無線信号を出し、これを各アンテナから送出する。この無線信号を周囲に配置した無線受信装置14a～14fで受信し、各信号の受信電界強度から動作要点部の位置、動き、向きをデータ処理装置15で計算し、動きの自由度の高いリアルタイムのモーションキャプチャシステムを提供する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 被測定者の動作要点部の動きを検出し、シミュレートするモーションキャプチャシステムにおいて、

被測定者の動作要点部の各々に複数個ずつ取り付けられたアンテナエレメントと、このアンテナエレメントの各々を識別可能な無線信号を生成して各アンテナエレメントへ送出する無線送信装置と、前記アンテナエレメントの各々から送信された無線信号を受信する複数の無線受信装置と、この無線受信装置により受信された各無線信号の受信電界強度から前記動作要点部の位置、動き、向きの少なくとも1つを検出する処理手段とを備えたことを特徴とするモーションキャプチャシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、人間の身体の動きを解析するモーションキャプチャシステムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】今日では、CG（コンピュータグラフィック）技術の発展により、人間の身体（オブジェクト）の動きのデータを抽出し、オブジェクトを計算機によって自然に表現できるようになっている。この方法は、人間の身体の関節等の主要ポイント（動作要点部）に白いマークやランプを貼り付け、実際の人間の動きを数台のテレビカメラで違った角度から撮影し、コンピュータでその映像を解析して、CGのスケルトン（骨格）データを動きとして解析する方法である。

【0003】また最近は、このような画像解析を使用せず、バーチャルリアリティー技術を応用したCG技術としての磁気式と光学式の二つのモーションキャプチャシステムも用いられている。このうち、磁気式は強力な磁場で被写体の人間の動く空間を覆い、体の関節部分に取り付けた磁気センサで空間の位置を割り出す方法である。データがリアルタイムに入手できるので、TVなどの番組作成に欠かせないものになっている。

【0004】一方、最近主流になりつつあるのが光学式である。この方式によるモーションキャプチャシステムの利点は、精度の高さ、被写体の人間にコードがないので自然な演技をしやすいことにある。図2に光学式のモーションキャプチャシステムの構成例を示す。被測定者（モデル人物）21には、白丸で示すようにマーカが頭、首、肩、腕、手首、腰、膝、足首などの動作要点部に取り付けられている。このマーカは自転車の反射板シートを貼りつけた反射球で出来ている。照明装置22a～22fはデータ処理装置25と同期を取って、定期的に赤外線を発光している。その光は、被測定者21の動作要点部に取り付けられた反射球であるマーカから反射し、高速度高感度カメラ23a～23fがその反射光を捉え、照明装置22a～22fの発光ごとのマーカの位

置が画像データとしてデータ処理装置25へ取り込まれる。取り込まれた画像は、画像処理後に、三点計測で、三次元形状モデルで空間状の点として変換されるものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】磁気式モーションキャップチャシステムの場合においては、通常、被測定者の体中にセンサが貼付けられ、このセンサからの電気信号を伝達するためのケーブルを引きずった状態で被測定者が動作せねばならず、自由度がないという問題があった。また、近くに金属があると、磁界が歪むために、測定を行う場所の設定に苦労や手間がかかるという問題点があった。さらに、三次元座標を求めるのには一定の磁場強度を必要とするが、磁界が円を描いて回っているために、磁界の中心から離れていくほど磁力が弱くなり（歪み）、位置検出精度が悪くなる。そのため画像処理に問題が生じ、測定誤差が発生しやすいという問題点があった。

【0006】一方、光学式モーションキャプチャシステムの場合、反射球の移動位置を全体の画像として取り込むため、背景が画像に入らないように、何らかの幕で覆われた空間環境で被写体が動作する必要があった。また、大掛かりな画像キャプチャシステムで、高速度高感度カメラの台数分だけ照明装置が必要となり、三点計測を行つた後、どの点に、どのマーカがあつたのか条件設定を考慮しなければならず、リアルタイムの運用が非常に難しい。さらに、被写体の動作要点部に取り付けられているマーカである反射球と他の反射球が重なったり、画像を捉える高速度高感度カメラの死角に移動したときなどには、各反射球の識別に誤りが生じ易く、データ処理を誤るといった問題点があつた。

【0007】本発明は、以上の問題を解決するためになされたものであり、CG（コンピュータグラフィック）で映像解析の評価を行う従来の方式とは異なり、無線技術（ワイヤレス）を用いることで被測定者の向きや姿勢を容易に検出することが可能で、一般の人でも違和感なく動作を測定できるモーションキャプチャシステムを提供することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明は、被測定者の動作要点部の動きを検出し、シミュレートするモーションキャプチャシステムにおいて、被測定者の動作要点部の各々に複数個ずつ取り付けられたアンテナエレメントと、このアンテナエレメントの各々を識別可能な無線信号を生成して各アンテナエレメントへ送出する無線送信装置と、前記アンテナエレメントの各々から送信された無線信号を受信する複数の無線受信装置と、この無線受信装置により受信された各無線信号の受信電界強度から前記動作要点部の位置、動き、向きの少なくとも1つを検出する処理手段とを備

えたことを特徴とするモーションキャプチャシステムを提供する。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を詳細に説明する。図1は、本発明モーションキャプチャーシステムの構成例を示す図で、動き(モーション)を検出・捕捉(キャプチャ)される被測定者11の動作要点部(主に関節部)を白丸で示す。図では頭部12a、左肩12b、左腕12c、左手首12d、右膝12e、右足首12fなど13個の動作要点部がある場合を示している。各動作要点部には複数のアンテナエレメントが設置され、そのアンテナエレメントには被測定者11の背中に設けた斜線で示す無線送信装置13から、そのアンテナエレメントの位置を示す位置信号が送られ無線電波として送出されている。動作要点部がm個あり、各動作要点部にn個のアンテナエレメントを設置するとすると、アンテナエレメントの総数は $m \times n$ 個となる。無線送信機13からは $m \times n$ 個のアンテナエレメントにそれぞれのアンテナエレメントを識別できる位置信号を送出している。

【0010】図1では、被測定者11の周囲に6台の無線受信装置14a～14fが配置されている例を示している。もちろん、実際に周囲に設置するのは受信アンテナのみで、受信機などの位置は周囲に分布している必要はない。また、必要により6台以上の無線受信装置を設置する場合もある。各無線受信装置からは受信結果がデータ処理装置15に送られている。各無線受信装置14a～14fは、それぞれが、すべての動作要点部のアンテナエレメントから送出される位置信号を受信できるものである。この各アンテナエレメントを識別する位置信号の構成法として最も簡単なものは、 $m \times n$ 個のアンテナエレメントからすべて異なる無線周波数を送出する方法である。この方法はアンテナエレメントの数が少ない場合は容易に実現できるが、アンテナエレメントの数が多くなると送受信機の数が膨大になる。図1の場合、動作要点部が13個、各動作要点部に4個のアンテナエレメントを設置すると、アンテナエレメントの個数は52個となる。これに全て異なる無線周波数を割り当てるとすると、無線送信装置13には52の異なる無線周波数の送信機、無線受信装置14aから14fの6個の無線受信装置も各々、52の周波数の受信機を持つ必要がある。

【0011】送信周波数の数を少なくするには、アンテナエレメントからの電波の送出を時分割で行う方法がある。例えば一つの動作要点部に4個のアンテナエレメントがあるとすると、一つの動作要点部の4つのアンテナエレメントからは f_1 ～ f_4 までの異なる無線周波数を同時に送出するが、異なる動作要点部には異なる時間に同じ f_1 から f_4 までの無線周波数を送出する。すなわち、図1で左肩12bの周囲に設置した4個のアンテナ

エレメントから f_1 から f_4 までの無線周波数を出し、T時間送出すると左肩12bのアンテナエレメントからの送出を中止し、次は左腕12cにある4個のアンテナエレメントから無線周波数 f_1 ～ f_4 を出し、T時間経過すると次は左手首12dの4個のアンテナエレメントから送出するというように、被測定者11のすべての動作要点部から順次 f_1 ～ f_4 の無線周波数を時分割的に送出する。このようにすると送信する無線周波数は4個だけに減少する。しかし、無線送信装置13には被測定者11の動作要点部の数だけ、順次にアンテナエレメントを切り換える切り替え装置が必要となる。これにより無線受信装置においても、無線受信装置14aから14fの無線受信機の受信周波数は f_1 から f_4 までの4つでよいが、受信した無線周波数がどの動作要点部のものかの識別が必要となる。これは、無線送信装置13から動作要点部ごとに順次アンテナエレメントを切り換えて送信するので、その順序をあらかじめ決めておけば、無線受信装置でも送信側と同期をとって受信することで可能である。この同期の取り方は、例えば無線送信装置から何も送出しない時間をとり、その後に最初に送出する動作要点部は頭部12aとし、順次各動作要点部から電波を出し一回りすればまた何も送信しない時間をとることで容易に実現できる。

【0012】なお、動作要点部ごとの時分割送信で、同期を取った一周期内ですべての動作要点部で送信回数を同じにする必要はなく、動作が激しいと考えられる手首などの動作要点部からは一周期内でも複数回電波を出し、首や腰のアンテナエレメントからは1回だけにするなどの制御も可能である。また動作要点部識別を、同期と送信順序で行わずに、アンテナエレメントから送出する無線電波を単にキャリア周波数の送信だけにすることなく、動作要点部を表すデータで変調して送出することもできる。すなわち、各動作要点部にその動作要点部を識別するIDを付与し、そのIDのデータで動作要点部のアンテナエレメントから送出する無線周波数を変調すれば、受信側では、データを復調することでどの動作要点部からの位置信号であるかが識別できる。この方法をとれば、動作要点部ごとに時分割で送信することは同じだが、動作要点部の送信順序は自由に変更できる。動きが激しい動作要点部からは順序に関係なく頻繁に送信することも可能となる。

【0013】次に、本発明の動作原理を手首の動きを例に説明する。図3は、動作要点部としての手首とその周囲に設置されたアンテナエレメントの配置例を示す断面図である。手首31の周囲に4個のアンテナエレメント32a、32b、32c、32dが設置されている。一般に、動作要点部にn個のアンテナエレメントを設置するには、動作要点部の周囲に $360/n$ 度ごとに等間隔に設置するのが好ましい。図では4個なので90度間隔に取り付けている。アンテナエレメントを手首に取り付

けるにはリストバンドなどを用いると容易である。今、無線送信装置13からはアンテナエレメント32aには無線周波数f1が、アンテナエレメント32bには無線周波数f2が、アンテナエレメント32cには無線周波数f3が、アンテナエレメント32dには無線周波数f4と周波数の異なる電波が送出されているものとする。他の動作要点部との識別は時分割で行っているものとする。手首31の周囲には6台の無線受信装置14a～14fがある。各無線受信装置は動作要点部31の各アンテナエレメントからの電波を受信し、その電界強度を検出してデータ処理装置15に送出している。

【0014】説明を簡単にするために、図3の無線受信装置14a～14fは、平面的に配置されているとして説明する。一つのアンテナエレメントから送出された電波は、そのアンテナエレメントに近い無線受信装置では電界強度が強く受信され、離れば受信電界強度は低い。図3の状態では、アンテナエレメント32bからの無線周波数f2の電波は無線受信装置14bでもっとも電界強度が強く受信され、無線受信装置14eでの受信電界強度が最も低い。一方、アンテナエレメント32dからの無線周波数f4の電波は、無線受信装置14eで最も強く受信され無線受信装置14bでは最も弱く受信される。他のアンテナエレメントからの電波も同様に近い無線受信装置の受信電界強度が大きく計測される。そのため、各アンテナエレメントからのデータを受信したデータ処理装置15では、図3の状態に手首があることを識別している。

【0015】手首31が右に90度回転した場合の図が、図4である。図3から図4に手首が回転すると、無線受信装置14bではアンテナエレメント32bから送出される周波数f2の電界強度が下がり、アンテナエレメント32cから送出される周波数f3の電波がもっとも強く受信される。一方無線受信装置14eでは、アンテナエレメント32dからの周波数f4の受信電界強度が下がり、アンテナエレメント32aからの周波数f1の電波が最も強く受信される。これらのデータがデータ処理装置15に送られ、データ処理装置15は手首31が図3の状態から図4の90度右に回転したことを知る。

【0016】次に、図4で、手首31が右に移動したとすると、無線受信装置14bで受信した各アンテナエレメントから受信した電波、すなわちアンテナエレメント32aから送信される周波数f1の電波、32bから送信される周波数f2の電波、32cから送信される周波数f3の電波、32dから送信される周波数f4の電波の受信電界強度は、いづれも右に移動しなかった状態の値より低下し、無線受信装置14eで受信されるこれらの電波の電界強度は逆に強くなる。このデータがデータ処理装置15に送られるので、データ処理装置15では手首31が右に移動したことを知る。

【0017】以上、動作要点部の位置の検出、動き、向きの測定について定性的に説明したが、実際の測定は、アンテナエレメントからの送信電波の受信電界強度を各無線受信装置で定量的に測定し、そのデータをもとに動作要点部の位置を計算する。そして、この計算された位置の時間的変化から、動作要点部の動きの大きさ、向きなどを求める。原理的には、一次元の直線上の移動であれば、一つの無線受信装置の受信電界強度から位置が決定でき、二次元の平面上の動きであれば二台の無線受信装置の受信電界強度で位置が決定できる。また三次元の立体的な動きであれば3台の無線受信装置での受信電界強度から位置が決定可能である。しかし実際には、身体の陰で受信不能な状態もあるので、多数の無線受信装置の配置が必要となる。図3、図4では無線受信装置14aから14fは平面的に設置されていると仮定して位置や動きの検出原理を説明したが、実際の無線受信装置の配置は立体的に設置され、また各無線受信装置に設けられている受信アンテナは、指向性の高いアンテナ（八木アンテナ、ヘリカルアンテナ、コーナーレフレクタアンテナなど）であるので、受信電界強度から位置を求めるには、これらの特性を考慮する必要がある。さらには、手首などの動作要点部は、体の陰になることもあります、体の反対側の無線受信装置では、距離による電波の減衰よりも大きな減衰を受けた受信電界強度となる。そのような場合のためには、すべての無線受信装置からの受信電界強度のデータを用いるのではなく、ある閾値より強く受信されている無線受信装置のデータのみから、位置を計算することも必要である。

【0018】以上説明したように、実際は、無線受信装置のアンテナは立体的に配置され、動作要点部の位置は3次元的に検出される。すなわち、無線受信装置の受信アンテナの受信電界強度からベクトル演算等を用いて空間的な座標を割り出し、その値を用いて演算・解析し被測定者の動作要点部の向き・動きを検出し、動作状況を割り出すことになる。しかしながら、ある動作要点部のアンテナエレメントが体の陰になり、無線受信装置の受信電界強度の値が測定不能となったりして、位置検出が難しい状態が生じることも考えられる。このような場合に 対処するため、他の動作要点部の計算できた位置の値から検出できなかった動作要点部の位置を推定する。このために、あらかじめ、位置が検出できた動作要点部と位置が検出できなかった動作要点部の組合せのパターンを用意しておく。組合せのパターン例を図5に示す。これは、動作要点部の位置が受信した電界強度から検出できたかどうかを示していく、“1”は検出できた場合で、“0”が検出できなかった場合である。

【0019】データ処理装置15のROM（リードオンリメモリ）には、図5に示すように、ある動作要点部の一つで位置が検出できなかった場合のパターンと、その検出できなかった動作要点部の位置をどのような演算式

で計算して推定するかの式が記憶されている。図6にその一つのパターンを例に詳細に示す。図6では最初の欄が首の動作要点部で、次の欄が腰の動作要点部、その次が右肩の動作要点部を示し、その各々の値は“1”であるので、位置が検出できていることを表している。最初から9つ目の欄は左手首の動作要点部でその値は“0”である。演算式の欄には、左手首の位置が検出出来なかつたときに、他の動作要点部の位置から推定する計算式が書かれている。この例では、左手首の位置が計算できない場合とは、左手首が腹部に覆われる場合であると考え、首の位置と腰の位置の中間にあると推定する。そのため、演算式には(首の位置座標+腰の位置座標)/2が記入されている。従って、左手首の位置が検出できなかつた場合には、ROMに記憶されている図5に示す検出不能パターンの中から、左手首の動作要点部が“0”である場合のパターンを抽出し、そこに書かれている演算式を実行し、左手首の位置とする。この場合は、首の位置座標が(a1, b1, c1)で、腰の位置座標が(a2, b2, c2)であるとすると、((a1+a2)/2, (b1+b2)/2, (c1+c2)/2)を計算し左手首の動作要点部の位置とする。このようにすることで、動作要点部のアンテナエレメントからの無線電波が無線受信装置に届かないことが生じても、他の動作要点部の位置から推定することができる。

【0020】

【発明の効果】本発明により以下の効果がある。

- (1) 無線技術を応用し、被測定者の動作要点部の周囲に複数のアンテナエレメントを配置し、受信側で受信電界強度を検出し、演算・解析することで被測定者の向きや姿勢の動作データを確実に得ることが出来る。
- (2) マーカの識別がむずかしい光学式と比較し、演算処理が迅速に容易に行え、リアルタイムでのシステム運

用が可能となる。

(3) 磁気式のように周辺に金属があると磁界が歪む問題もなく、光学式のように周囲を幕で覆う必要がないなど、測定を行う場所の設定に苦労や手間がかかることがない。

(4) 被測定者の自由度が増し、被測定者が動作できる空間があれば、どのような場所でも測定を実施できる。

(5) 一つの位置の検出が困難な動作要点部があつても、他の既知の動作要点部の位置から推定することで、検出不能の場合に対処可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のモーションキャプチャシステムの構成例を示す図である。

【図2】光学式のモーションキャプチャシステムの構成図である。

【図3】動作要点部へのアンテナエレメントの設置例を示す図である。

【図4】図3のアンテナエレメント設置例の動作要点部が90度回転した場合の図である。

【図5】位置検出不能の動作要点部の位置を推定するROMの内容を示す図である。

【図6】位置を推定するROMの内容の詳細図である。

【符号の説明】

11 被測定者

12a, 12b, 12c, 12d, 12e, 12f 動作要点部

13 無線送信装置

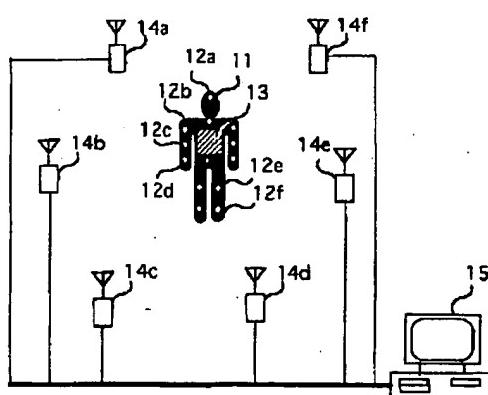
14a, 14b, 14c, 14d, 14e, 14f 無線受信装置

15 データ処理装置

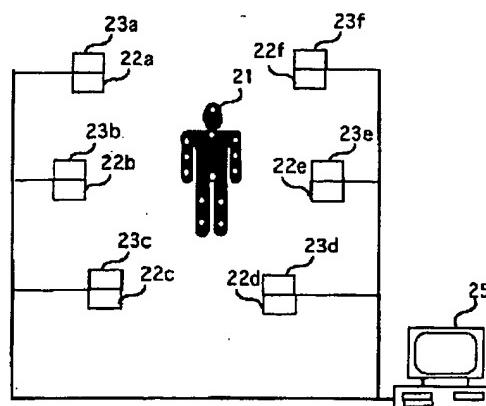
31 手首

32a, 32b, 32c, 32d アンテナエレメント

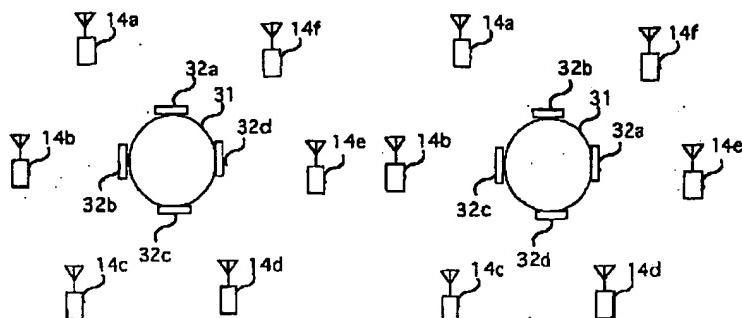
【図1】



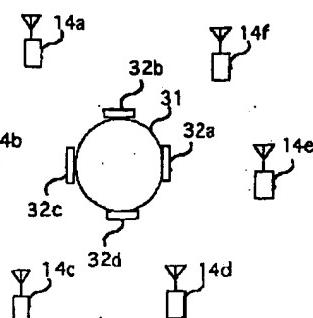
【図2】



(图3)



[図4]



〔四〕

【図6】